



## ENDÜSTRİ İŞLETMELERİNDE AR-GE PROJELERİNİ ÖNCELİK SIRALAMASINDA ENTROPİ AĞIRLIKLİ TOPSİS YÖNTEMİNE DAYALI ÇOK KRİTERLİ BİR ANALİZ

*Priority Range of R&D Projects In Industrial Enterprises Multi Criteria Decision Making Analysis Based On Entropy-Weighted Topsis Method*

Dr.Emre Bilgin SARI

Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, emre.bilgin@deu.edu.tr

Sarı, E.B. (2017). "Endüstri İşletmelerinde Ar-Ge Projelerini Öncelik Sıralamasında Entropi Ağırlıklı Topsis Yöntemine Dayalı Çok Kriterli Bir Analiz", Vol:3, Issue:11; pp:159 -170 (ISSN:2149-8598)

### ARTICLE INFO

#### Article History

Makale Geliş Tarihi

Article Arrival Date

02/05/2017

Makale Yayın Kabul Tarihi

The Published Rel. Date

25/05/2017

#### Anahtar Kelimeler

Ar-Ge Projesi, ÇKKV,

Entropi, Topsis, Sıralama

Problemi

#### Keywords

R&D Project, MCDM,

Entropy, Topsis, Range

Problems

JEL Kodları: M11

### ÖZ

Endüstri işletmelerinde kullanılan kaynakları doğru yatırımlara aktarılması kararı uzmanları zorlayan problemlerdir. Ar-Ge projeleri de bilinmeyişi ortaya koyan ve işletme için sürprizler içeren yatırımları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle Ar-Ge projelerini hayata geçirmeden önce kıt kaynakları değerlendirme yolunda bir kez daha düşünmek gerekmektedir. Bu çalışmada bir endüstri işletmesinin Ar-Ge bölümü tarafından ön çalışmaları tamamlanmış 15 projenin hayata geçirilmesi için önceliklendirilmesi problemi çözülmüştür. Projelerin tamamlanması altı kritere dayanmakta ve projeler on beş alternatif göstermektedir. Çalışmada problemin çözümünde ÇKKV analizi yapılmaktadır. Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmekte ardından kriter ağırlıkları ile alternatif projeler arasında sıralama yapılmaktadır. Sıralama sonucu hangi projelerin öncelikli olarak ele alınması gerektiği hesaplanmakta ve hesaplama sonuçları işletme yetkilileri ile paylaşılıp değerlendirmeleri sunulmaktadır.

### ABSTRACT

Transferring the resources used in industrial enterprises to the right investments is a problem that forced decision makers. R&D projects are also bringing in investments that reveal unknowns and contain surprises for the enterprise. For this reason, it is necessary to think once again on the way to evaluate scarce resources before dreaming of R&D projects. In this study, the problem of prioritizing the 15 projects that have been completed by the R&D department of an industrial operation for survival has been solved. The completion of the projects is based on six criteria and the projects show fifteen alternatives. For the solution of the problem in the study MCDM analysis is done. The criterial weights are determined by the entropy method and then the criteria weights and the alternative projects are listed. It is calculated which projects should be considered as priorities and the results of the calculations are shared with the business authorities and evaluated.

### 1. GİRİŞ

İşletmeler arasında rekabetin giderek arttığı bir çevrede araştırma ve geliştirme faaliyetleri firmaların hayatta kalabilmesi için oldukça kritik bir hal almış olup her geçen gün önemi artmaya devam etmektedir. Ar-Ge projeleri, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri, rekabet edebilmeleri ve gelişim sağlamaları için yapılan en önemli yatırım kararlarından birisidir (Osawa ve Murakami, 2002). Çünkü işletmeler için katma değeri yüksek ve yenilikçi Ar-Ge projeleri varlıklarını güvenle sürdürebilmeleri için alternatif yollar yaratmaktadır.

Ar-Ge projeleri, daha önce ortaya konmamış yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini, var olanların iyileştirilmesini ve kullanılmakta olan süreçlerinin etkinliğinin artırılması ile maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır (Heidenberger ve Stummer, 1999). Çeşitli yönlerden sürdürülen Ar-Ge çalışmalarının katkısının artması ve işletmelerin kaynaklarının bu katkıya olanak sağlaması için üzerinde çalışılan

proje sayısının artarken değerlendirmenin olumlu yapılması gerekmektedir. İşletmelerin amaçlarına ulaşmasında en fazla katkı yapabilecek Ar-Ge projelerinin seçimi ve değerlendirilmesi işletmeler için kaynaklarının aktarılmasında önemli rol oynamaktadır (Piippo vd., 1999). Bu nedenle üzerinde çalışılan projelerin sağlayacakları fayda bakımından önceliklendirilmesi işletmelerin kaynaklarını doğru değerlendirebilmeleri için kritik rol oynamaktadır.

Ar-Ge projelerinin öncelik sıralaması için çalışmalarda kullanılan kriterler ve bu kriterler arasındaki ilişkileri inceleyen yöntemler farklılık göstermektedir. Öncelikli olarak ele alınacak Ar-Ge projesinin uygulamada belirlenebilmesi birçok kritere bağlı olmasından dolayı çok kriterli karar verme problemi olarak değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden kriterlerin ağırlıklandırılmasında entropi yöntemi kullanılarak alternatif projelerin öncelik sıralanması işlemi TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirilmektedir.

## 2. AR-GE PROJELERİ

Araştırma ve geliştirme; bilinmeyen bilgilere ulaşmak veya var olan bilgileri ortaya çıkarmak amacıyla yapılan sistematik bir çalışmadır. Ar-Ge projesi, ileri bir teknolojik aşamayı ifade eden, belirlenmiş bir dizi amacı gerçekleştirmeye yönelik, kendi içinde bir bütün olan ve amaca ulaşıldığında sona eren anlamlı bir araştırma amacı olarak tanımlanmaktadır (Barutçugil, 1981).

Ar-Ge projesi; bilim veya teknoloji alanında teknik bilgi birikimini ya da kabiliyeti geliştirmeyi arayan ve sorgulayan projeye denilmekte olup, mevcut durumu, ekipmanı, ürün veya hizmeti iyileştirme ve geliştirme çalışmalarını da kapsamaktadır. Wasti (1999) çalışmasında, Ar-Ge projelerini nitelik ve kapsam bakımından üçe ayırmaktadır: Temel araştırma; teorik olarak bilinmeyen bilginin elde edilmesi çalışmasıdır. Uygulamalı araştırma; belirli uygulamalara ve amaçlara yönelik olarak ürün ve üretim süreçleri üzerinde yapılan çalışmalardır (Barutçugil, 1981). Temel ve uygulamalı araştırma ise kurumlarda, uygulamalı araştırma ile geliştirme çalışmalarının birlikte yürütülmesidir. Geliştirme, tüm bu yapılan araştırmalardan veya uygulamadaki deneyimlerden sağlanan bilgilere dayalı olarak yürütülen sistematik çalışmalardır.

Ar-Ge projeleri, işletmenin büyüklüğüne, proje yeteneğine, pazar payı gibi çeşitli değişkenlere bağlı olarak ürün ve hizmet üretmek ve bu üretim sonunda ortaya çıkan ürünün teknolojisini geliştirmek amacıyla belirlenmiş olan ön tasarım çalışmalarıdır. Ar-Ge projeleri yalnızca mevcut olmayan bir şeyi gerçekleştirmek için değil, var olan bir üretimin geliştirilmesine yönelik olarak da tasarlanabilirler (Bourner vd., 1992).

İşletmelerin hedeflerine ve stratejilerine uygun projelerin belirlenmesi bu projelerin değerlendirmeye alınıp seçilmesi işletmenin kısıtlı olan kaynaklarını bu seçilen projelere yönlendirebilmesi için projeler arasında öncelik sıralamasının yapılması gerekmektedir (Piippo vd., 1999). Bu sıralama işletme yöneticilerinin seçilecek Ar-Ge projeleri üzerinde fikir birliğine varmalarında yol gösterici rol üstlenmektedir (Osawa ve Murakami, 2002).

### 2.1.1. AR-GE Projelerinin Öncelik Sıralamasında Kullanılan Kriterler

Ar-Ge projelerinin öncelik sıralamasında kullanılacak kriterler, işletmenin amaçlarına uygun olarak belirlenmektedir. İşletme amaçlarına uygun seçilmediği takdirde doğru projelerin seçilmesi durumunda bile işletmelerin başarıya ulaşması mümkün olmayacaktır. Ayrıca proje seçimini etkileyen nitel ve nicel birçok kriterin göz önüne alınması da bu başarıyı etkilemektedir. Tablo 1'de Ar-Ge projelerinin öncelik sıralamasında kullanılan kriterlere yönelik literatür çalışması gösterilmektedir.

Tablo 1. Ar-Ge Projelerinin Seçimini Etkileyen Kriterler

Çalışma	Ar-Ge projelerinin öncelik sıralamasında kullanılan kriterler
Schwartz ve Vertinsky (1977)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proje maliyeti,</li> <li>Proje geri ödeme süresi,</li> <li>Proje teknik ve ticari başarı olasılığı,</li> <li>Proje sonrası işletme pazar payı,</li> <li>Projenin beklenen getirisi ve</li> <li>Projeye yapılan devlet desteği</li> </ul>
Bard vd. (1988)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yürürlükte olan yasal düzenlemeler,</li> <li>İşletme kaynakları,</li> <li>İşletmenin içinde bulunduğu pazar koşulları ve</li> <li>Projenin teknik başarı olasılığı</li> </ul>

Osawa ve Murakami (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitel faktörler <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Projenin stratejik açıdan önemi</li> <li>○ Projenin teknolojik etkisi ve</li> <li>○ Projenin uygulanabilirliği</li> </ul> </li> <li>• Nicel faktörleri, <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Proje sonrası satışlar,</li> <li>○ Proje sonrası kar ve</li> <li>○ Projenin etkinliği</li> </ul> </li> </ul>
Liang (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin işletmeye katkısı,</li> <li>• Projenin yenilik yaratma gücü,</li> <li>• Projenin yatırım tutarı ve</li> <li>• Projenin işletme amaçlarına uygunluğu</li> </ul>
Lawson vd. (2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin teknik riskleri,</li> <li>• Projenin işletme stratejilerine uygunluğu,</li> <li>• Yürürlükte olan yasal düzenlemeler,</li> <li>• Proje sonrası işletme pazar payı</li> <li>• Projenin yaratacağı ticari risk ve</li> <li>• Projenin uygulanabilirliği</li> </ul>
Wang vd. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projelerin işletme ve ulusal ekonomiye katkısı,</li> <li>• Projenin gelişme düzeyine etkisi,</li> <li>• Projenin teorik ve teknik katkısı,</li> <li>• Projenin başarı olasılığı,</li> <li>• Projenin sağladığı enerji ve malzeme tasarrufu,</li> <li>• Projenin sosyal etkisi ve</li> <li>• Projenin ticari başarısı</li> </ul>
Mohanty vd. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projeden beklenen fayda,</li> <li>• Projenin yaratacağı riskler ve</li> <li>• Projenin ait olduğu kategori (temel araştırma, uygulamalı araştırma ve geliştirme)</li> </ul>

### 2.1.2. AR-GE Projelerinin Öncelik Sıralamasında Kullanılan Yöntemler

Ar-Ge projelerinin öncelik sıralamasında çeşitli yöntem ve modeller kullanılabilir. İşletmenin amaçlarına göre ve kullanılan sıralama kriterlerine göre farklılık gösteren bu yöntemler literatürde çeşitlilik göstermektedir. Tablo 2’de ise Ar-Ge projelerinin öncelik sıralamasında kullanılan yöntemler gösterilmektedir.

Tablo 2. AR-Ge Projelerinin Öncelik Sıralamasında Kullanılan Yöntemler

Çalışma	Ar-Ge projelerinin öncelik sıralamasında kullanılan yöntemler
Cardus vd., (1982)	• Fayda-maliyet analizi
Khorranshahgol vd., (1988)	• Hedef programlama
Bard vd., (1988)	• Tam sayılı programlama
Ringuest ve Graves, (1990)	• Doğrusal programlama
Menke, (1994)	• Karar teorisi (risk analizi/karar ağacı)
Henriksen ve Traynor, (1999)	• Puanlama (scoring) yöntemi
Kuchta, (2001)	• Kuadratik programlama
Poh vd., (2001); Liang, (2003)	• Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)
Meade ve Presley, (2002)	• Analitik Ağ Süreci (AAS)
Hsu vd., (2003); Wang vd., (2005); Huang vd., (2008)	• Bulanık AHS
Mohanty vd., (2005)	• Bulanık AAS
Linton vd., (2007); Eilat vd., (2008)	• VZA (Veri Zarflama Analizi)
Wang ve Hwang, (2007); Carlsson vd., (2007); Tolga ve Kahraman, (2008)	• Bulanık Opsiyon değerlendirme (fuzzy real options valuation)

### 3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

İşletmelerin varlıklarını sürdürüp hayatta kalabilmeleri birçok seviyede aldıkları farklı kararlara bağlıdır. Zorlu şartlar altında karşılaşılan karar problemlerinin çözümünde ise tek bir amaç var ise bu durum sonuçlara kolay bir şekilde ulaşma açısından oldukça etkilidir. Ancak karşılaşılan sorunlar, buldukları sistem içinde tek amaçtan çok birden fazla veya birbirleriyle çelişen amaçlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durumda çok kriterli karar verme yaklaşımı gerekmektedir. Birden fazla amacın optimal çözüm değerlerine ulaşabilmek için zaman içerisinde çok sayıda yöntem

geliştirilmiştir. Bu yöntemlere genel olarak çok amaçlı karar alma yöntemleri denilmektedir (Turanlı ve Köse, 2005).

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanmasında kriter ağırlıklarının belirlenmesi ya da kriterlerin eş değerde ağırlıklandırılması gerekmektedir. Entropi Ağırlık tekniği, karar vericilerin subjektif yargılarına dayalı olarak indeks ağırlıklarının hesaplandığı AHP ve Delphi gibi yöntemlerin aksine, eldeki veriyi kullanarak hesaplama yapan objektif bir ağırlık belirleme yöntemidir. Entropi ağırlık yöntemi ile ağırlıklandırılan kriterler ÇKKV yöntemleri içinde basitliği ve sağlam matematiksel temelinden dolayı literatürde en sık kullanılan yöntem olan TOPSİS yöntemi ile sıralanabilmektedir. Öncelikle bu yöntemlerin uygulama adımlarını ele almak çalışmanın doğru anlaşılmasında önem teşkil etmektedir.

### 3.1. Entropi Yöntemi ile Ağırlıkların Belirlenmesi

Problemlerin çözümünde her kriteri önem düzeyi aynı olmayabilir. Her bir değere ağırlık değeri atanarak, önem düzeyi belirlenebilmektedir. Bu çalışmada ağırlık değerinin belirlenmesinde objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden Entropi yöntemi kullanılmaktadır.

Entropi yöntemi niteliklerin doğasında bulunan karşıtlık yoğunluğunun varlığından hareket etmektedir. Sistemde var olan elemanların, o sisteme ait bilgiyi kendi içlerinde sakladıkları temeline dayanarak, niteliklerin karar vericiye ileteceği bilginin miktarını ölçen entropi yöntemi matematiksel denklemler ile açıklanmaktadır (Wu, 2011).

İ alternatifi ve j kriterli bir çok kriterli karar verme probleminde;

#### 1.Adım: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Alternatifler	Kriterler $X_{ij}$					
	$X_1$	$X_2$	...	$X_j$	...	$X_n$
$A_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	...	$X_{1j}$	...	$X_{1n}$
$A_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	...	$X_{2j}$	...	$X_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
$A_i$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	...	$X_{ij}$	...	$X_{in}$
...	...	...	...	...	...	...
$A_m$	$X_{m1}$	$X_{m2}$	...	$X_{mj}$	...	$X_{mn}$

Burada  $X_{ij}$ ; i. alternatifi j. kritere göre değeridir.

#### 2.Adım: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{p=1}^m x_{pj}}, i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \text{ ile}$$

$R = [r_{ij}]_{m \times n}$  normalleştirilmiş karar matrisi elde edilmektedir.

#### 3.Adım: Her Bir Kriterin Entropi Değeri Bulunması

$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij}$  ile her bir kriterin entropi değeri bulunmaktadır. Burada  $e_j$  j. kriterin entropi değerini göstermektedir.

#### 4.Adım: Her Bir Kriterin Ağırlık Değerinin Bulunması

$$W_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{p=1}^n (1 - e_p)} \text{ ile kriterlerin ağırlık değerleri atanmış olmaktadır. } \sum_{j=1}^n W_j = 1 \text{ 'dir.}$$

Entropi Ağırlık tekniği farklı karar verme süreçlerinde değerlendirme yapabilmek amacıyla kullanılacak uygun bir ölçek olup çok kriterli karar verme yöntemleri için objektif ağırlıklar

sağlamaktadır. Genellikle indeks ağırlıklarının belirlenmesinde ele alınan entropi yönteminin, ÇKKV literatüründe kullanıldığı çalışma sayısı son yıllarda artış göstermektedir.

### 3.2. TOPSIS Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem kullanılarak alternatif seçeneklerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılması gerçekleştirilebilmektedir (Yurdakul ve İç, 2003).

TOPSIS yöntemi sağlam temelli mantık yapısı, ideal ve ideal olmayan çözümleri aynı anda dikkate alması ve kolay hesaplanması ile yaygın bir kullanım alanına sahip ÇKKV yöntemidir (Karsak, 2002). TOPSIS yönteminde izlenecek adımlar şu şekilde ele alınabilir (Triantaphyllou, 2000):

#### 1. Adım: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Yöntem i alternatifin ve j kriterin yer aldığı karar matrisinin oluşturulması ile başlar.

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak kriterler yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

Alternatifler A <sub>ij</sub>	Kriterler X <sub>j</sub>					
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	...	X <sub>j</sub>	...	X <sub>n</sub>
A <sub>1</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	...	X <sub>1j</sub>	...	X <sub>1n</sub>
A <sub>2</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	...	X <sub>2j</sub>	...	X <sub>2n</sub>
...	...	...	...	...	...	...
A <sub>i</sub>	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	...	X <sub>ij</sub>	...	X <sub>in</sub>
...	...	...	...	...	...	...
A <sub>m</sub>	X <sub>m1</sub>	X <sub>m2</sub>	...	X <sub>mj</sub>	...	X <sub>mn</sub>

#### 2. Adım: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

TOPSIS yöntemi öncelikle değişik kriter boyutlarını boyutsuz kritere dönüştürür. Normalleştirilmiş Karar Matrisi, R'nin bir elemanı olan rij aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}}$$

R matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

#### 3. Adım: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar verici tarafından tanımlanan ağırlıkların bir kümesi,  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  olduğu durumda

$W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$  karar matrisi ile birlikte ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi olan V'yi elde etmek için kullanılmaktadır. R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili i w değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıdaki gibidir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdot & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdot & w_n r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdot & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

#### 4.Adım: İdeal ( $A^*$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümlerin Belirlenmesi

İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilir.

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J^* \right), i = 1, 2, 3, \dots, m \right\} = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri seçilerek oluşturulur.

$$A^- = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J^* \right), i = 1, 2, 3, \dots, m \right\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

Önceki iki alternatif hayalidir. Bununla birlikte burada bunu fayda kriteri için farz etmek daha geçerlidir, kabul edilebilirdir. Karar verici alternatifler arasından maksimum değere sahip olanı istemektedir. Maliyet kriteri için karar verici, alternatifler arasında minimum değere sahip olanı istemektedir. Önceki açıklamalardan anlaşılacağı üzere,  $A^*$  alternatifi en çok tercih edilen veya ideal çözümü içerir. Benzer şekilde  $A^-$  en az tercih edilen alternatifi veya negatif ideal çözümü içerir.

#### 5.Adım: Ayırma Ölçümünün Hesaplanması

n boyutlu Euclidian (öklidyen) uzaklık yöntemi, her bir alternatifi ideal çözümden ve negatif ideal çözümden ayırma uzaklık ölçümüne uygulanmaktadır. Böylece ideal çözümden uzaklıklar için aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

$S_i^*$  = Her bir alternatifi ideal çözümden Öklid anlayışına göre uzaklığıdır.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

$S_i^-$  = Her bir alternatifi negatif ideal çözümden Öklid anlayışına göre uzaklığıdır.

#### 6.Adım: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının ( $C_i^*$ ) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırma ölçülerinden yararlanılır.  $A_i$  alternatifi, ideal çözüme göreli yakınlığı  $A^*$  şeklinde gösterilir ve aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

Burada  $C_i^*$  değeri  $0 \leq C_i^* \leq 1$  aralığında değer alır.

$A_i = A^*$  ise  $C_i^* = 1$  olur yani ilgili karar noktasının ideal çözüme,  $A_i = A^-$  ise  $C_i^* = 0$  ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

#### 7.Adım: Tercih Sırasının Düzenlenmesi

En iyi çözüme  $C_i^*$ 'nin tercih sırasına göre karar verilebilir. Bu nedenle en iyi alternatif ideal çözüme en yakın uzaklıkta bulunmaktadır. Herhangi bir alternatifin ideal çözüme en yakın mesafede olması, aynı zamanda da negatif ideal çözüme en uzak mesafede olması gerekmektedir.

#### 4. ENDÜSTRİ İŞLETMESİNİN AR-GE PROJELERİNİ ÖCELİKLENDİRİLMESİ UYGULAMASI

Ar-Ge bölümü çalışmalarını değerlendirmeye alan ve hayata geçirme konusunda planlama yapan endüstri işletmesi elinde olan projeleri gözden geçirmektedir. İşletmenin üzerinde çalışılan 15 adet Ar-Ge projesi bulunmaktadır. Bu projelerin isimleri ve çalışma alanları Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Endüstri İşletmesinin Ar-Ge Projeleri

Proje No	Proje Adı
P001	Soğuk Dövme Presleri Ürün Parçası Kesme Yüzeyinin İyileştirilmesi
P002	Özel Kafa Ürün Tasarımı ve Üretimi
P003	Rot başının Punta Zımbasındaki Aşınma Sorununun Giderilmesi
P004	Bombe başlı Özel Ürününün 4. İstasyon Vurucu Kalıp Ömrü Çalışması
P005	Özel Ürün 3. İstasyon Sabit Kalıbı Ömrünün Artırılması
P006	Kaynaksız Birleştirme Sağlayan Bağlantı Elemanlarında Çıkma ve Dönme Önleyici Kafa Altı Formu Çalışması
P007	Soğuk Dövme Prosesi Tasarımı ve Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranışı ile ilgili Uygulamaları İçeren Kolay Kullanıcı Ara yüzüne Sahip Hesaplayıcı Yazımı
P008	Özel Malzemenin Bağlantı Elemanlarının Soğuk Şekillendirilmesinde Hammadde Olarak Kullanılması.
P009	Yeni Müşteri Projesinde Kullanılacak Tüm Bağlantı Elemanlarının Adet Optimizasyonu ve Özel Ürün Tasarım ve İmalatı
P010	Özgün Tasarıma Sahip Plastik Kilitleme Makinesi Tasarım ve İmalatı
P011	Rotil Üretiminde Özgün Şaft Eksenleme Mekanizmasının Tasarım, İmalat ve Uygulaması
P012	Özel Flanşlı Burç Tasarım ve Üretimi
P013	Üretim Fire Analizi ve Raporlanmasında veri toplanması
P014	Isıl İşlem Fırınları Otomasyon ve Veri Toplama Projesi
P015	Yarı Mamul Konteynırların RFID ile takibi ve Sevkiyatı

İşletme bu projelerin hepsini aynı anda gerçekleştirecek zaman ve kaynağa sahip olmadığı bilinmektedir. Bu nedenle projelerin öncelik sıralaması gerekmektedir. Bu öncelik sıralamasının yapılabilmesi için ele alınan kriterler; proje süresi, personel sayısı, planlanan bütçe, projenin yenilikçi yönü, iyileştirme ve projenin toplam bedeli olmak üzere altı ayrı başlık altında incelenmektedir. Tablo 4'de Ar-Ge Projelerinin değerlendirme kriterleri ve bu kriterlerin amaçlanan değerlerinin maksimum minimum olacağı gösterilmektedir.

Tablo 4. Ar-Ge Projelerinin Değerlendirme Kriterleri

Adım 1 Kriterlerin Belirlenmesi	Proje No	Proje Süresi	Personel Sayısı	Planlanan Bütçe	Projenin Yenilikçi Yönü	İyileştirme	Toplam Bedeli
<b>Amaç değer</b>		<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>min</b>
<b>Adım 2 Karar Matrisi</b>	P001	180	9	45000	7	213200	59380
	P002	180	15	120000	5	864000	101108
	P003	60	7	12000	6	333000	114
	P004	180	12	30000	8	3500	30981
	P005	120	13	25000	8	39780	30286
	P006	180	17	40000	10	333000	37714
	P007	60	7	20000	8	480000	36798
	P008	120	14	30000	8	480000	32453
	P009	120	10	30000	9	333000	33066
	P010	240	17	100000	8	852800	97510
	P011	30	10	2000	6	26999	114
	P012	240	12	115000	8	795025	108805
	P013	240	7	60000	5	852800	51874
	P014	240	7	65000	8	480000	61846
	P015	360	8	85000	8	213200	110739

Endüstri işletmesinin Ar-Ge projelerini öncelik sıralanması konusunda TOPSİS yöntemi kullanılmaktadır. Uygulama yapılan işletmede ele alınan Ar-Ge projelerinin değerlendirme kriterleri, Tablo 4'de gösterilmektedir. Bu kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için öncelikle objektif ağırlıklandırma sağlayan entropi ağırlık yöntemi kullanılmaktadır. Tablo 5'de entropi ağırlık yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenme adımlarında yapılan hesaplamalar gösterilmektedir.

Tablo 5. Entropi Ağırlık Yöntemi İle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Kriterler	Proje Süresi	Personel Sayısı	Planlanan Bütçe	Projenin Yenilikçi Yönü	İyileştirme	Toplam Bedeli
	min	min	min	max	max	min
Karar Matrisi	180	9	45000	7	213200	59380
	180	15	120000	5	864000	101108
	60	7	12000	6	333000	114
	180	12	30000	8	3500	30981
	120	13	25000	8	39780	30286
	180	17	40000	10	333000	37714
	60	7	20000	8	480000	36798
	120	14	30000	8	480000	32453
	120	10	30000	9	333000	33066
	240	17	100000	8	852800	97510
	30	10	2000	6	26999	114
	240	12	115000	8	795025	108805
	240	7	60000	5	852800	51874
	240	7	65000	8	480000	61846
360	8	85000	8	213200	110739	
$\Sigma X_{ij}$	2550	165	779000	112	6300304	792788

Rij	0,500	0,471	0,625	0,700	0,247	0,464
	0,500	0,118	0,000	0,500	1,000	0,087
	0,833	0,588	0,900	0,600	0,385	0,999
	0,500	0,294	0,750	0,800	0,004	0,720
	0,667	0,235	0,792	0,800	0,046	0,727
	0,500	0,000	0,667	1,000	0,385	0,659
	0,833	0,588	0,833	0,800	0,556	0,668
	0,667	0,176	0,750	0,800	0,556	0,707
	0,667	0,412	0,750	0,900	0,385	0,701
	0,333	0,000	0,167	0,800	0,987	0,119
	0,917	0,412	0,983	0,600	0,031	0,999
	0,333	0,294	0,042	0,800	0,920	0,017
	0,333	0,588	0,500	0,500	0,987	0,532
	0,333	0,588	0,458	0,800	0,556	0,442
0,000	0,529	0,292	0,800	0,247	0,000	
$\Sigma R_{ij}$	7,917	5,294	8,508	11,200	7,292	7,841

E <sub>Pij</sub>	-0,347	-0,355	-0,294	-0,250	-0,345	-0,356
	-0,347	-0,252	0,000	-0,347	0,000	-0,212
	-0,152	-0,312	-0,095	-0,306	-0,367	-0,001
	-0,347	-0,360	-0,216	-0,179	-0,022	-0,236
	-0,270	-0,340	-0,185	-0,179	-0,142	-0,232
	-0,347	0,000	-0,270	0,000	-0,367	-0,275
	-0,152	-0,312	-0,152	-0,179	-0,327	-0,270
	-0,270	-0,306	-0,216	-0,179	-0,327	-0,245
	-0,270	-0,365	-0,216	-0,095	-0,367	-0,249
	-0,366	0,000	-0,299	-0,179	-0,013	-0,254
	-0,080	-0,365	-0,017	-0,306	-0,108	-0,001
	-0,366	-0,360	-0,132	-0,179	-0,077	-0,071
	-0,366	-0,312	-0,347	-0,347	-0,013	-0,336
	-0,366	-0,312	-0,358	-0,179	-0,327	-0,361
0,000	-0,337	-0,359	-0,179	-0,345	0,000	
$\Sigma E_{Pij}$	-4,046	-4,289	-3,154	-3,079	-3,147	-3,099
E <sub>j</sub>	1,494	1,584	1,165	1,137	1,162	1,144
1-E <sub>j</sub>	-0,494	-0,584	-0,165	-0,137	-0,162	-0,144
<b>W<sub>j</sub></b>	<b>0,293</b>	<b>0,346</b>	<b>0,098</b>	<b>0,081</b>	<b>0,096</b>	<b>0,086</b>

Entropi yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde ele alınan kriterlerin proje süresi %29, personel sayısı %34, planlanan bütçe %9, projenin yenilikçi yönü %8, iyileştirme %9 ve toplam bedeli %8 oranında etkili olduğu görülmüştür. Bu ağırlık değerleri endüstri işletmesi ile paylaşılmıştır. Entropi yöntemi tarafından objektif olarak belirlenen ağırlıkların işletmedeki uzman kişilerce uygun olarak kabul edildiği öğrenilmiştir. Bu doğrulamının ardından TOPSİS yöntemi ile Ar-Ge projelerinin öncelik sıralamasını



için hesaplamalar yapılmıştır. Tablo 6'da TOPSİS yöntemi ile Ar-Ge projelerinin öncelik sıralaması hesaplama adımları gösterilmektedir.

Tablo 6. TOPSİS Yöntemi ile Ar-Ge Projelerinin Öncelik Sıralaması

Kriterler	Proje Süresi	Personel Sayısı	Planlanan Bütçe	Projenin Yenilikçi Yönü	İyileştirme	Toplam Bedeli
	min	min	min	max	max	min
Karar Matrisi	180	9	45000	7	213200	59380
	180	15	120000	5	864000	101108
	60	7	12000	6	333000	114
	180	12	30000	8	3500	30981
	120	13	25000	8	39780	30286
	180	17	40000	10	333000	37714
	60	7	20000	8	480000	36798
	120	14	30000	8	480000	32453
	120	10	30000	9	333000	33066
	240	17	100000	8	852800	97510
	30	10	2000	6	26999	114
	240	12	115000	8	795025	108805
	240	7	60000	5	852800	51874
	240	7	65000	8	480000	61846
360	8	85000	8	213200	110739	
Wj	0,293	0,346	0,098	0,081	0,096	0,086
Normalize Karar Matrisi	0,245	0,201	0,183	0,238	0,107	0,241
	0,245	0,336	0,489	0,170	0,435	0,410
	0,082	0,157	0,049	0,204	0,168	0,000
	0,245	0,269	0,122	0,272	0,002	0,126
	0,163	0,291	0,102	0,272	0,020	0,123
	0,245	0,380	0,163	0,340	0,168	0,153
	0,082	0,157	0,082	0,272	0,242	0,149
	0,163	0,313	0,122	0,272	0,242	0,132
	0,163	0,224	0,122	0,306	0,168	0,134
	0,326	0,380	0,408	0,272	0,429	0,396
	0,041	0,224	0,008	0,204	0,014	0,000
	0,326	0,269	0,469	0,272	0,400	0,442
	0,326	0,157	0,245	0,170	0,429	0,211
	0,326	0,157	0,265	0,272	0,242	0,251
Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi	0,489	0,179	0,347	0,272	0,107	0,450
	0,072	0,070	0,018	0,019	0,010	0,021
	0,072	0,116	0,048	0,014	0,042	0,035
	0,024	0,054	0,005	0,017	0,016	0,000
	0,072	0,093	0,012	0,022	0,000	0,011
	0,048	0,101	0,010	0,022	0,002	0,011
	0,072	0,132	0,016	0,028	0,016	0,013
	0,024	0,054	0,008	0,022	0,023	0,013
	0,048	0,108	0,012	0,022	0,023	0,011
	0,048	0,077	0,012	0,025	0,016	0,011
	0,096	0,132	0,040	0,022	0,041	0,034
	0,012	0,077	0,001	0,017	0,001	0,000
	0,096	0,093	0,046	0,022	0,038	0,038
	0,096	0,054	0,024	0,014	0,041	0,018
0,096	0,054	0,026	0,022	0,023	0,021	
0,143	0,062	0,034	0,022	0,010	0,038	
Pozitif İdeal Çözüm Seti	0,143	0,132	0,048	0,028	0,042	0,038
Negatif İdeal Çözüm Seti	0,012	0,054	0,001	0,014	0,000	0,000
<b>Pozitif İdeal</b>		<b>Negatif İdeal</b>		<b>İdeal Çözümüne Göreceli Yakınlık</b>		
0,120		0,068		0,362		
0,105		0,112		0,517		
0,156		0,021		0,116		
0,110		0,073		0,400		
0,125		0,061		0,328		
0,097		0,102		0,512		

0,158	0,031	0,164
0,118	0,071	0,377
0,129	0,050	0,278
0,087	0,132	0,602
0,160	0,023	0,128
0,098	0,116	0,542
0,111	0,098	0,469
0,113	0,093	0,452
0,110	0,142	0,564

Ar-Ge projelerinin önceliklendirilmesi için TOPSİS yöntemi ile sıralama yapılmıştır ve pozitif ideal, negatif ideal ile ideal çözüme göreceli yakınlık değerleri hesaplanmıştır. Bu çözüme göre projelerin ideal çözüme göre yakınlık sıralaması Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. Ar-Ge Projelerin İdeal Çözüme Göre Yakınlık Sıralaması

P001	P002	P003	P004	P005	P006	P007	P008	P009	P010	P011	P012	P013	P014	P015
0,362	0,517	0,116	0,400	0,328	0,512	0,164	0,377	0,278	0,602	0,128	0,542	0,469	0,452	0,564

Tablo 7'de gösterilen yakınlık sıralaması büyükten küçüğe doğru önceliklendirildiğinde ilk sırada yapılması planlanan projeden son sırada yapılabilecek projeye kadar öncelik sıralaması belirlenmiş olmaktadır. Tablo 8'de bu değerlerin öncelik sıralaması gösterilmektedir.

Tablo 8. Ar-Ge Projelerinin Öncelik Sıralaması

<b>Sıra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>Proje No</b>	P010	P015	P012	P002	P006	P013	P014	P004	P008	P001	P005	P009	P007	P011	P003
<b>Değer</b>	0,602	0,564	0,542	0,517	0,512	0,469	0,452	0,400	0,377	0,362	0,328	0,278	0,164	0,128	0,116

Yapılan sıralamaya göre ilk yapılması gereken Ar-Ge projesi P010 yani özgün tasarıma sahip plastik kilitleme makinesi tasarım ve imalatı projesidir. Bu projenin ardından P015 yarı mamul konteynırların RFID ile takibi ve sevkiyatı ve P012 özel flanşlı burç tasarım ve üretimi projeleri gelmektedir. Bu şekilde devam eden projelerin önceliklendirilmesi çalışması hesaplama sonuçları endüstri işletmesi yetkilileri ile paylaşıldığında değerlendirme olarak kabul gördüğü uygulamaya geçirme aşamasında sorun teşkil etmeyeceği yönünde geri bildirim alınmıştır.

## 6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Endüstri işletmelerinin Ar-Ge projelerini öncelik sıralamasında Entropi ağırlıklı TOPSİS yöntemine dayalı çok kriterli bir analiz çalışmasında, öncelikle işletmenin değerlendirmeye aldığı Ar-Ge projeleri belirlenmiştir. Ardından bu projelerin değerlendirme kriterlerinin neler olduğu açıklanmıştır. İşletmenin elinde 15 Ar-Ge projesi bulunmaktadır ve bu projeler 6 değerlendirme kriteri (proje süresi, personel sayısı, planlanan bütçe, projenin yenilikçi yönü, iyileştirme, toplam bedeli) bazında açıklanmıştır. Bu projelerin birbirine göre önceliklerinin olup olmadığı ve kıt kaynaklarla mücadele eden işletmenin hangi projeyi öncelikli olarak ele alması gerektiği probleminin çözümü için çok kriterli karar verme analizi yapılması uygun görülmüştür.

Ar-Ge projelerinin 6 kriter altında değerlendirilmesi istemi sonucu bu kriterlerin sıralamaya eşit ağırlıkta mı yoksa farklı oranlarda mı etki edeceğinin sorusuna cevap bulabilmek için literatürde objektif ağırlıklandırmada kullanılan Entropi ağırlık yöntemi kullanılmıştır. 6 kriterin ağırlıkları belirlenmiştir ve projede kullanılması gereken personel sayısını minimum yapma isteğinin %34 ağırlık ile en önemli kriter olduğu, proje süresinin %29 ağırlık ile ikinci önemli kriter olduğu görülmüştür. Entropi ağırlık yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları işletmede çalışılan yetkililer ile paylaşıldığında projelerde görevlendirilen personel sayısını minimum yapma kriterinin oldukça önemli olduğu bu projelerde görevlendirilen personelin ayrıca istihdam edilmeyeceği işletme içinden kişilerin bu projelere vakit ayırmaları gerektiği bu nedenle bu kriter ağırlığının yüksek çıkmasının anlamlı bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca ele alınan Ar-Ge projesi süresinin ikinci önemli kriter olduğu bilgisi verildiğinde bu kriterin de projelerin bir an önce sonuca ulaştırılması ve sonuçlarının görülebilmesi açısından önemli olduğu bilgisi edinilmiştir. Bu veriler ışığında entropi ağırlık yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlık değerleri kullanılarak öncelik sıralaması çalışması yürütülmüştür.

TOPSİS yöntemi çok kriterli karar verme yöntemleri içinde kullanım kolaylığı sağlayan ve sağlam temellere dayanan bir yöntemdir. TOPSİS yöntemi kullanılarak işletmenin elinde bulunan 15 Ar-Ge

projesinin hangi sırada yapılmasına yönelik hesaplamalar yapılmıştır. TOPSİS yöntemi sonuçlarına göre P010 yani özgün tasarıma sahip plastik kitleme makinesi tasarım ve imalatı, P015 yarı mamul konteynırların RFID ile takibi ve sevkiyatı, P012 özel flanşlı burç tasarım ve üretimi, projeleri ilk öncelikli projeleri oluşturmaktadır. Bu projelerin öncelikli projeler olduğu işletme yetkilileri ile paylaşılmıştır ve uygulama sakıncası olmadığı belirlenmiştir. İşletme bu dönemde çalışmalarını hesaplamada belirlenen sıralama ile yapmaktadır.

## KAYNAKÇA

Bard, J.F., Balachandra, R. & Kaufmann, P.E. (1988) "An Interactive Approach To R&D Project Selection And Termination", IEEE Transactions on Engineering Management, 35(3), ss. 139-146.

Barutçugil, İ.S., (1981). Teknolojik Yenilik ve Araştırma- Geliştirme Yönetimi, 20-21, Bursa Üniversitesi Yayınları, Bursa.

Bourner, T., Frost, P., & Beaty, L., (1992). Management Development by Research, 30-31. Brighton Polytechnic, İngiltere.

Cardus, D., Fuhrer, M.J., Martin, A.W. & Thrall, R.M. (1982) "Use Of Benefit- Cost Analysis In The Peer Review Of Proposed Research", Management Science, 28(4), ss. 439-445.

Carlsson, C., Fuller, R., Heikkila, M. & Majlender, P. (2007) "A Fuzzy Approach To R&D Project Portfolio Selection", International Journal of Approximate Reasoning, 44, ss. 93-105.

Eilat, H., Golany, B. & Shtub, A. (2008), "R&D Project Evaluation: An İntegrated DEA and Balanced Scorecard Approach", Omega, 36, ss. 895-912.

Heidenberger, K. & Stummer, C. (1999) "Research and Development Project Selection and Resource Allocation: a Review of Quantitative Modeling Approaches", International Journal of Management Reviews, 1(2), ss. 197-224.

Henriksen, A.D. & Traynor, A. J. (1999) "A Practical R&D Project-Selection Scoring Tool", IEEE Transactions on Engineering Management, 46(2), ss. 158-170.

Hsu, Y.-G., Tzeng, G.-H. & Shyu, J.Z. (2003), "Fuzzy Multiple Criteria Selection of Government-Sponsored Frontier Technology R&D Projects", R&D Management, 33(5), ss. 539-551.

Huang, C.-C. Chu, P.-Y. & Chiang, Y.-H. (2008) "A Fuzzy AHP Application in Government Sponsored R&D Project Selection", Omega, 36, ss. 1038-1052.

Khorramshahgol, R., Azani, H. & Gousty, Y. (1988) "An İntegrated Approach To Project Evaluation And Selection", IEEE Transactions on Engineering Management, 35(4), ss. 265-270.

Kuchta, D. (2001), "A Fuzzy Model for R&D Project Selection with Benefit, Outcome, and Resource Interactions", The Engineering Economist, 46(3), ss. 164-180.

Lawson, C.P., Longhurst, P.J. & Ivey, P.C. (2006) "The Application of A New Research and Development Project Selection Model in SMEs", Technovation, 26, ss. 242-250.

Liang, W.Y. (2003) "The Analytic Hierarchy Process in Project Evaluation: An R&D Case Study in Taiwan", Benchmarking: An International Journal, 10(5), ss. 445-456.

Linton, J.D., Morabito, J. & Yeomans, J.S. (2007), "An Extension To A DEA Support System Used For Assessing R&D Projects", R&D Management, 37(1), ss. 29-36.

Meade, L.M. & Presley, A. (2002), "R&D Project Selection Using the Analytic Network Process", IEEE Transactions On Engineering Management, 49(1), ss. 59-66.

Menke, M.M. (1994) "Improving R&D Decisions and Executions", Research Technology Management, 37(5), ss. 25-32.

Mohanty, R.P., Agarwal, R., Choudhury, A.K. & Tiwari, M.K. (2005) "A Fuzzy ANP-Based Approach to R&D Project Selection: a Case Study", International Journal of Production Research, 43(24), ss. 5199-5216.

- Osawa, Y. & Murakami, M. (2002) "Development And Application Of A New Methodology Of Evaluating Industrial R&D Projects", *R&D Management*, 32(1), ss. 79-85.
- Piippo, P., Karkkainen, H., Ojanen, V. & Tuominen, M. (1999) "Problems And Promotion Of R&D Project Selection in Finnish High-Tech Manufacturing Companies", *Proceedings of PICMET '99 Conference*, Portland, USA.
- Poh, K.L., Ang, B.W. & Bai, F. (2001) "A Comparative Analysis Of R&D Project Evaluation Methods", *R&D Management*, 31(1), ss. 63-75.
- Ringuest, J.L. & Graves, S.B. (1990) "The linear R&D Project Selection Problem: an Alternative to Net Present Value", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 37(2), ss. 143-146.
- Schwartz, S.L. & Vertinsky, I. (1977), "Multi-Attribute Investment Decisions: A Study of R&D Project Selection", *Management Science*, 24(3), ss. 285-301.
- Tolga, A.Ç. & Kahraman, C. (2008), "Fuzzy Multi-attribute Evaluation of R&D Projects Using a Real Options Valuation Model", *International Journal of Intelligent Systems*, 23, ss. 1153-1176.
- Wang, J. & Hwang, W.-L. (2007), "A Fuzzy Set Approach For R&D Portfolio Selection Using A Real Options Valuation Model", *Omega*, 35, ss. 247-257.
- Wang, K., Wang, C.K. & Hu, C.H. (2005) "Analytic Hierarchy Process With Fuzzy Scoring in Evaluating Multidisciplinary R&D Projects in China", *IEEE Transactions On Engineering Management*, 52(1), ss. 119-129.
- Wasti, N., (1999). Japon Firmalarında Ar-Ge: Yöntemler Ve Yapılardan Örnekler, *ODTÜ Geliştirme Dergisi*, 26, 204-223.
- Wu, Z., Sun, J., Liang, L. & Zha, Y. (2011), Determination Of Weights For Ultimate Cross Efficiency Using Shannon Entropy, *Expert Systems With Applications*, 38:5162–5165.